

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    4 月 1 8 日  
Date of Application:

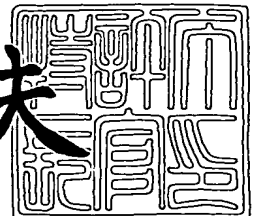
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 1 1 3 6 4 8  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 1 1 3 6 4 8 ]

出      願      人                      沖電気工業株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    9 月 2 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 OG004770

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/3205

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門 1 丁目 7 番 1 2 号 沖電気工業株式会  
社内

    【氏名】 阿部 一英

【特許出願人】

    【識別番号】 000000295

    【氏名又は名称】 沖電気工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100089093

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大西 健治

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 004994

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9720320

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板上のプラグに銅配線層及び該銅配線層上に銅の化合物を埋め込む工程と、

前記銅の化合物上に前記銅配線層と相互拡散する反応層及びバリアメタル層を形成する工程と、

熱処理により前記銅の化合物と前記反応層とを相互拡散させることにより前記銅配線層とバリアメタル層の間に銅の合金層を形成する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 前記銅の化合物は前記銅配線層を窒化、酸化、ホウ化、硫化、あるいはリン化の何れかにより得られることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記反応層はTi, B, S, Sn, Ga, Ge, Hf, In, Mg, Ni, Nb, Pd, P, Sc, Se, Si, Zn, Agの何れかを少なくとも1種類含むことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 前記バリアメタルは CoSn、CoZ、CoW、Ti、TiN、Ta、Ta<sub>2</sub>N<sub>3</sub>、W、WN の何れかであることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 半導体基板上のプラグに銅配線層及び該銅配線層上に銅の化合物を埋め込む工程と、

前記銅の化合物上に前記銅配線層と相互拡散する物質を含むバリアメタル層を形成する工程と、

熱処理により前記銅の化合物と前記バリアメタル層とを反応させることにより前記銅配線層上に銅の合金層及びバリアメタル層を形成する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 前記銅の化合物は前記銅配線層を窒化、酸化、ホウ化、硫化、あるいはリン化の何れかにより得られることを特徴とする請求項 5 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】前記銅と反応する物質はTi, B, S, Sn, Ga, Ge, Hf, In, Mg, Ni, Nb, Pd, P, Sc, Se, Si, Zn, Agの何れかを少なくとも 1 種類含むことを特徴とする請求項 5 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】前記バリアメタルはCoSn、CoZ、CoW、Ti、TiN、Ta、Ta<sub>2</sub>N、W、WN の何れかであることを特徴とする請求項 5 記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は銅配線を有する半導体装置の製造法に係り、特に銅配線上に上層配線を密着性良く形成する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体素子の微細化に伴い、素子の信号遅延に占めるRC遅延が無視できなくなっている。そのため、配線材料の観点からは、アルミニウム(Al)合金(3 SYMBOL 109 ¥f "Symbol" ¥s 12SYMBOL 87 ¥f "Symbol" ¥s 12・cm)よりも比抵抗が小さいCu(1.8 SYMBOL 109 ¥f "Symbol" ¥s 12SYMBOL 87 ¥f "Symbol" ¥s 12・cm)の使用が検討されている。また、銅(Cu)の自己拡散係数( $3.04 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ )はAl( $8.21 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{s}$ )と比較して大きく、Al配線よりも高いエレクトロマイグレーション(EM)耐性が得られる。しかしながら、Cu配線のさらなるEM耐性の改善が要求されており、EMメカニズムの解明が進められている。

【0003】

Cuダマシン配線技術においては、Cu配線層上にはプラズマ化学気相成長法(chemical vapor deposition:CVD)法で形成した窒化シリコン(SiN)膜などが堆積される。Cu/SiN界面はCu/バリアメタル界面と比べると密着性が悪い、その界面に沿ってのCu原子の拡散が配線の寿命を主に支配していると報告されている。Cu/SiN界面の密着性を改良すべく、Cu表面の酸化層を還元する方法などが検討されているが、大幅に密着性を向上させることは難しい現状である。

【0004】

また、SiNに変えて10～20nm厚さのCoWPでCu層上をキャップすることにより、EM耐性が著しく向上することが報告されており、Cuとの異種材料界面を全て金属に置き換える意義は大きいといえる。ただし、Cuとの異種界面が金属に変わったとしても界面の密着性は適用材料に依存する。

#### 【0005】

Cuとバリアメタルの関係を例にとって説明すると、Cu/TaN構造よりもCu/Ta構造のほうがEM耐性は向上することが報告されている。それぞれのリファレンスのバリアメタル上に堆積されたCu薄膜を高温で熱処理した後、表面モフォロジーを比較すると、Cu/TaN構造ではCu膜が凝集する。一方、Cu/Ta構造では平滑な連続膜を維持しており、平滑なCu膜表面を維持できているということは、界面の密着性が良いことを意味する。そして、密着性の良いバリアメタルのほうがEM体性は向上することが明らかになっている。この考え方は、Cu上のキャップメタルに関しても同様であると推測される。

#### 【0006】

Cuの密着性の良いバリアメタルを適用する他に、例えば、Cu配線とバリアメタルとの間に銅の合金層を形成させることで、Cuのバリアメタルに対する密着性を改良する方法が従来技術文献には示されている（特開平7-235538、8-17824、特開2000-311897、2001-93976参照）。

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来技術においては、Cu配線層と反応層とを直接反応させることにより銅の合金層を形成しているために、反応の制御が難しく合金層の膜厚が制御できないといった問題があり、その結果、配線抵抗が上昇してしまうといった問題があった。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、Cu配線層上にCuの窒化物のような化合物層、Cuの化合物上にCu層と相互拡散する反応層、さらにバリアメタル層を積層して形成する。そして、熱処理によりCu配線層と反応層とを相互拡散させ合金層を形成する。

また、Cu配線層上にCuと相互拡散する物質を含むバリアメタル層を形成し、そして、熱処理により合金化しCu配線層上にCuの合金層及びバリアメタル層を積層形成するようにした。

#### 【0009】

##### 【発明の実施の形態】

従来技術と同様の方法により、半導体基板上に堆積された酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)からなる第1の絶縁層1に配線溝2を形成後、配線溝内に第1のバリアメタル層3及びシード層を形成し、Cu電解めっき法によりCuを埋め込む。その後Cu配線層の硬度、結晶性、比抵抗等の安定化を計る熱処理を行った後、CMP法により平坦化することにより埋め込みCu配線層4が形成される(図1参照)。

#### 【0010】

次に、図2に示すように、第2のバリアメタル層5を形成する。例えば、窒化処理条件は、基板温度380℃、NH<sub>3</sub>流量70sccm、N<sub>2</sub>20sccm、圧力5Torr、高周波電力(RF)を450W、電極間距離650mil、処理時間を10~30秒とし、膜厚は1~50nmとする。第2のバリアメタル層5は窒化されたCu配線層4に限られるものではなく、同様の機能を有する、例えば酸化されたCu層、ホウ化されたCu層、硫化されたCu層、リン化されたCu層に置き換えることも可能である。

#### 【0011】

次に、図3に示すように、露出している第2のバリアメタル層5を含むCu配線層4上に拡散母材層6と第3のバリアメタル層7を形成する。例えば、拡散母材層6として厚さ10nmのチタン(Ti)膜、第3のバリアメタル層7として厚さ15nmのTa<sub>2</sub>N膜を積層する。Ti膜の形成は、例えばターゲットにTi、プロセスガスにArガスを用い、スパッタリング雰囲気圧力を3mTorr、DCパワーを0.5kW、成膜温度を100℃の条件で行う。

#### 【0012】

そして、熱処理を施すことにより、拡散母材層6から例えばTi原子、Cu配線層4内のCu原子が相互拡散することにより合金層8が形成される。熱処理は、例えば温度100~350℃にて1~300分間の熱処理を窒素(N<sub>2</sub>)と水素(H<sub>2</sub>)の混合雰囲気中で行う。

## 【0013】

ここにおいて、第2のバリア層5は拡散源となる拡散母材層6とCu配線層4の間に介在することにより、それぞれの拡散原子の急激な拡散による合金化反応を抑制し、合金層の膜厚増加を制御する。つまり、第2のバリアメタル層は反応抑制層としての役割を担う。次に、図示しないが公知の技術により上層配線を形成しプラグとの接続が形成される。その結果、拡散母材層6とCu配線層4の界面は合金層8の形成によるアンカー効果のため、銅配線層と上層配線層の密着性が向上する。

## 【0014】

上記実施例では、拡散母材層としてTiを適用した場合を説明したが、Cuと相互拡散を生じる、あるいは反応する材料として、B, S, Sn, Ga, Ge, Hf, In, Mg, Ni, Nb, Pd, P, Sc, Se, Si, Zn, Agなどの材料、あるいは、これらの合金を用いても良い。また、第3のバリア層としてTa<sub>2</sub>N<sub>5</sub>を用いた場合を説明したが、Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>に限られるものではなく、Cuの拡散を抑制する機能を有する他の材料、例えばCoSn、CoZr、CoW、Ta、Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>、W、WN等に置き換えることも可能である。

## 【0015】

以上説明したように、Cu配線層とCu配線層上を被覆する材料との熱処理後の相互拡散による合金層形成の際に、Cuを含む反応抑制層を挿入して行っているので、アンカー効果によるCu配線層とCu配線層上の被覆材界面での密着性を改善することができ、それと同時に、反応抑制層が過剰反応を防止しているので配線抵抗の上昇も抑えることができる。

## 【0016】

本実施の形態においては、反応抑制層を形成後合金化を行っていたが、拡散母材を含むバリア性の膜を用いて合金層を形成しても良い。例えば、拡散源となるTi元素を含む厚さ20nmの窒化チタンシリコン(TiSiN)膜が挙げられる。TiSiN膜の形成は、例えばターゲットはTi<sub>3</sub>Si<sub>5</sub>、プロセスガスにAr/N<sub>2</sub>混合ガスを用い、スパッタリング雰囲気圧力を3mTorr、DCパワーを0.5kW、成膜温度を100℃の条件で行う。この場合、Cu配線層上にTiSiN膜を積層し、熱処理を行い主にTiがCuと相互拡散を生じ合金層が形成される。

【0017】

## 【発明の効果】

本発明では、Cu配線層とCu配線層上を被覆する上層配線の界面に、それぞれの材料の合金の反応を抑制する反応抑制層を形成して合金化反応を行うので、形成される合金層の厚みを制御することができ、EM耐性が向上した、しかも低抵抗なCu配線を実現できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の実施の形態を説明するため図1に続く工程図。

## 【図2】

本発明の実施の形態を説明するため図1に続く工程図。

## 【図3】

本発明の実施の形態を説明するため図2に続く工程図。

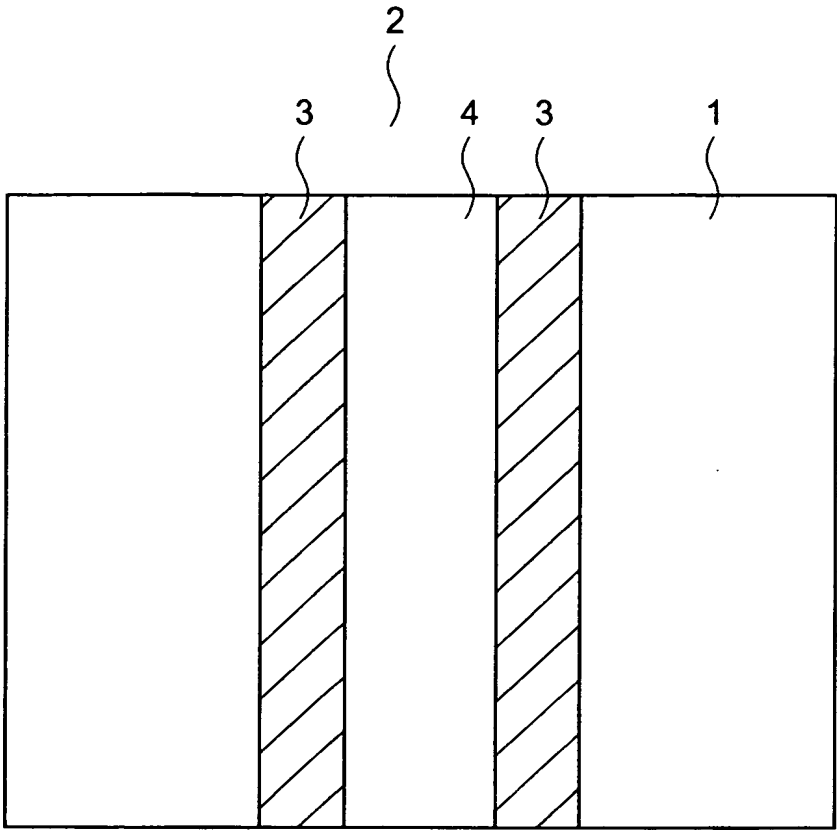
## 【符号の説明】

- |   |            |
|---|------------|
| 1 | 第1の絶縁層     |
| 2 | 配線溝        |
| 3 | 第1のバリアメタル層 |
| 4 | Cu配線層      |
| 5 | 第2のバリアメタル層 |
| 6 | 拡散母材層      |
| 7 | 第3のバリアメタル層 |
| 8 | 合金層        |

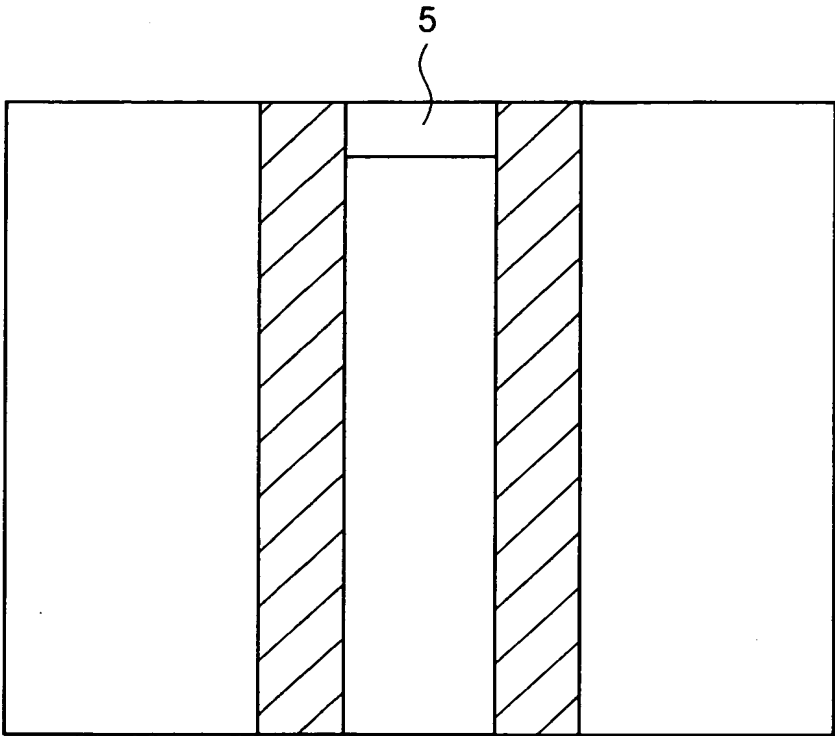


【書類名】 図面

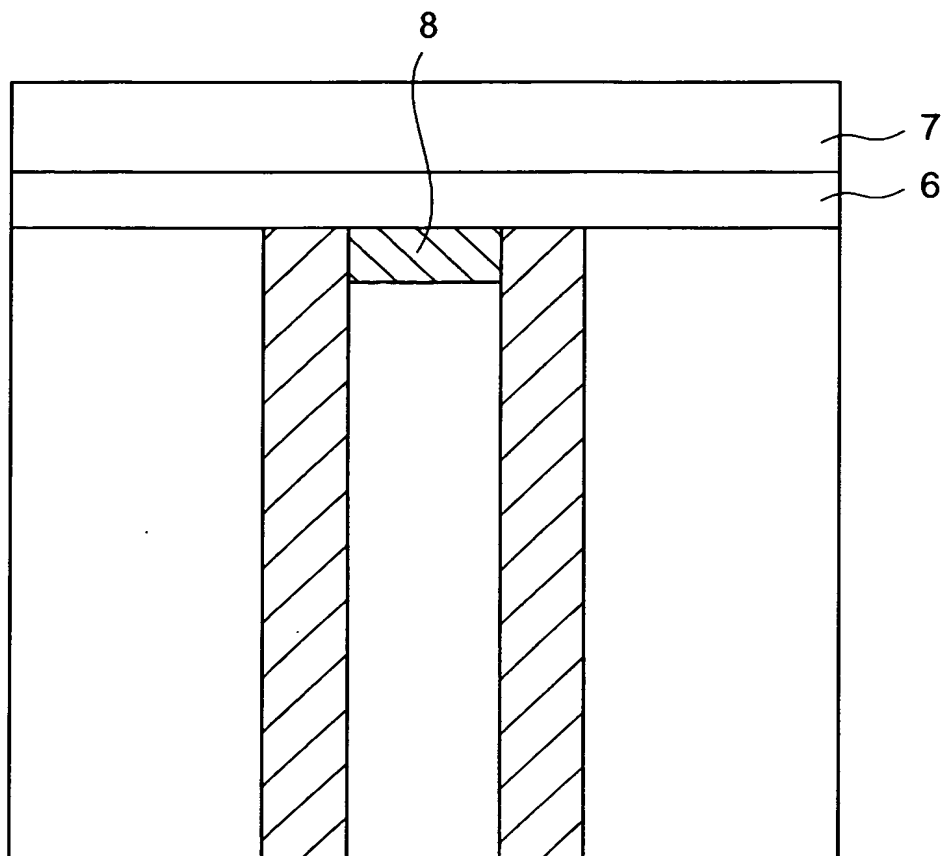
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 Cu配線層と上層配線との密着性を向上させることを目的とする。

【構成】 Cu配線層 1 上にCuを窒化することによりCuの窒化物 5 を形成し、Cuの窒化物 5 上にCuと相互拡散をする、拡散源となる拡散母材層 6、及びバリアメタル層 7 を形成する。そして、熱処理によりCu層 1 と拡散母材層 6 が相互拡散しCuの合金層 8 が、Cu配線層 1 とバリアメタル層 7 との間に形成される。

【選択図】 図 3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 1 3 6 4 8
受付番号	5 0 3 0 0 6 4 3 7 5 3
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 5 年 4 月 2 1 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 4月18日

次頁無

特願 2003-113648

出願人履歴情報

識別番号

[000000295]

1. 変更年月日

1990年 8月22日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

氏 名

沖電気工業株式会社